

①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

①2 Offenlegungsschrift
①0 DE 199 52 530 A 1

① Int. Cl. 7:
B 23 Q 1/44
B 25 J 11/00
B 25 J 17/02

②1 Aktenzeichen: 199 52 530.7
②2 Anmeldetag: 30. 10. 1999
②3 Offenlegungstag: 10. 5. 2001

DE 199 52 530 A 1

⑦1 Anmelder:
Hüller Hille GmbH, 71636 Ludwigsburg, DE

⑦4 Vertreter:
Dahlkamp, H., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 45128 Essen

⑦2 Erfinder:
Hanrath, Georg, Dr., 71729 Erdmannhausen, DE;
Wadehn, Wolf, 89182 Bernstadt, DE

⑤6 Entgegenhaltungen:

DE 196 09 072 A1
GB 23 08 322 A

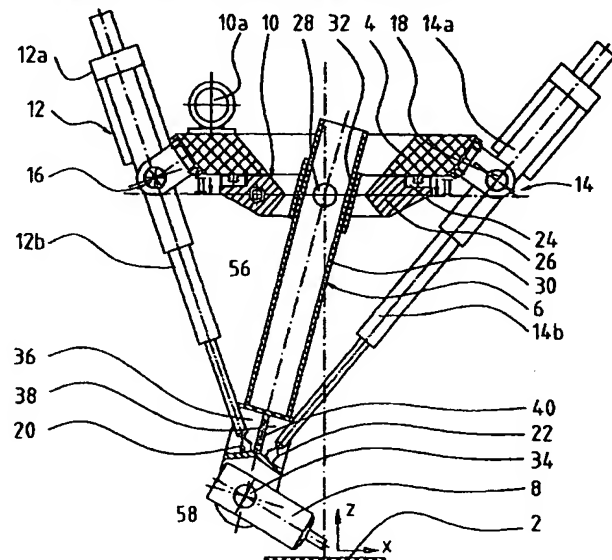
Hallenberger, W.: Führungsbahnschutz bei
Werkzeug-
maschinen. In: Werkstatt-Technik-Zeitschrift für
industrielle Fertigung. 1977, Jg. 67 S. 557-559;

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Bearbeitungsmaschine zum mehrachsigen Bewegen eines Werkzeuges oder eines Werkstückes

⑤7 Die Erfindung betrifft eine Bearbeitungsmaschine zum mehrachsigen Bewegen eines Werkzeuges oder eines Werkstückes (2), mit einem Gestell (4), mit einem relativ gegenüber dem Gestell (4) bewegbar angeordneten Tragarm (6), mit einem Endeffektor (8), der an einem Ende des Tragarms (6) befestigt ist, und mit einem ersten Aktor (10) und zwei zweiten Aktoren (12, 14) zum Antreiben des Tragarms (6) relativ zum Gestell (4), wobei das Gestell (4) die Aktoren (10, 12, 14) und deren Antriebe (10a, 12a, 14a) trägt, wobei die zweiten Aktoren (12, 14) an einem Ende mit einem kardanischen Gelenk (16, 18) am Gestell (4) befestigt sind und am anderen Ende mit einem kardanischen Gelenk (20, 22) an dem dem Endeffektor (8) zugewandten Ende des Tragarms (6) befestigt sind, bei dem in vorteilhafter Weise vorgesehen ist, daß der erste Aktor (10) den Tragarm (6) gegenüber dem Gestell (4) linear verstellt, daß der Tragarm (6) um ein erstes Drehgelenk (28) verschwenkbar mit dem ersten Aktor (10) verbunden ist, wobei die Drehachse des ersten Drehgelenkes (28) parallel zur linearen Verstellrichtung des ersten Aktors (10) ausgerichtet ist, daß der relative Abstand des Endeffektors (8) zum ersten Aktor (10) veränderbar ist, daß die zweiten Aktoren (12, 14) die Schwenkposition des Tragarms (6) und den relativen Abstand des Endeffektors (8) zum ersten Aktor (10) vorgeben und daß der Endeffektor (8) um ein parallel zur Drehachse des ersten Drehgelenkes (28) ausgerichtetes zweites Drehgelenk (34) ...



DE 199 52 530 A 1

Die Erfindung betrifft eine Bearbeitungsmaschine zum mehrachsigen Bewegen eines Werkzeuges oder eines Werkstückes mit einem Gestell, mit einem relativ gegenüber dem Gestell bewegbar angeordneten Tragarm, mit einem Endeffektor, der an einem Ende des Tragarms befestigt ist, und mit einem ersten Aktor und zwei zweiten Aktoren zum Antreiben des Tragarms relativ zum Gestell, wobei das Gestell die Aktoren und deren Antriebe trägt, wobei die zweiten Aktoren an einem Ende mit einem kardanischen Gelenk am Gestell befestigt sind und am anderen Ende mit einem kardanischen Gelenk an dem dem Endeffektor zugewandten Ende des Tragarms befestigt sind.

Eine derartige Bearbeitungsmaschine zeichnet sich dadurch aus, daß kein Antrieb einen anderen Antrieb trägt und somit die zu bewegenden Massen gering sind. Dieses wird auch als Parallelkinematik bezeichnet. Die bisher bekannten Parallelkinematiken haben eine eingeschränkte Orientierungsfähigkeit und ein ungünstiges Verhältnis von Arbeits- zu Antriebsraum. Um die Orientierungsfähigkeit zu erhöhen, wird bei einer hybriden Kinematik ein seriell orientierungsmodul einer parallelen Kinematik nachgeschaltet.

Eine derartige Bearbeitungsmaschine ist aus der US 4,732,525 A bekannt. Drei längenveränderliche Aktoren bewegen eine an einem Tragarm angebrachte Plattform als Werkzeugträger im Raum. Diese Aktoren sind kegelförmig im 120°-Winkel um den Tragarm herum angeordnet, wobei ein Ende kardanisch an dem raumfesten Gestell angebracht ist und das andere kardanisch an der bewegten Plattform befestigt ist. Die plattformseitigen Gelenkmittelpunkte befinden sich dabei auf einem Radius, der größer als der Radius des Tragarmes ist. Der Tragarm ist an seinem oberen Ende kardanisch aufgehängt und hat einen Freiheitsgrad in seiner Längsrichtung. Da sich der Tragarm in zwei Raumrichtungen vororientiert, muß ein zweiaxiger Drehschwenkkopf zwischen der Plattform und dem Werkzeug angebracht werden, wobei der Drehschwenkkopf die Vororientierung des Tragarmes ausgleicht und die Orientierung des Werkzeugs einstellt.

Die folgenden Probleme und Nachteile ergeben sich aus dem zuvor beschriebenen Stand der Technik.

Da das Raumangebot z. B. in einer Transferstraße begrenzt ist, müssen die Aktoren sehr schlank um den Tragarm herum angeordnet werden. Dadurch ist die Steifigkeit in der xy-Ebene sehr eingeschränkt.

Die Steifigkeit wird durch die beiden Getriebe des seriell nachgeschalteten Drehschwenkkopfes erheblich reduziert. Da der zentrale Tragarm durch die raumfeste kardanische Aufhängung das Werkzeug in zwei Raumrichtungen je nach Position vororientiert, benötigt das Werkzeug zwingend zwei serielle Antriebe. Das Gewicht der zwei Motor-Getriebe-Einheiten reduziert die erreichbare Dynamik. Durch die zwei seriellen Orientierungsmodule ergibt sich außerdem ein großer Abstand zwischen Werkzeugangriffspunkt und Plattform. Durch diese Hebelübersetzung reduziert sich die Steifigkeit der Anordnung.

Bei Antrieben mit größerem Auszugsverhältnis ist die Abdeckung gegen Spanflug und Kühlschmiermittel bei allen bekannten Realisierungen nur mangelhaft gelöst. Jeder Aktor muß einzeln mit einer Abdeckung versehen werden (z. B. Faltenbalg), da sich die Plattform in alle Richtungen vororientiert.

Durch die hohen Antriebskräfte werden proportional zu dem Radius der Gelenkmittelpunkte Biegemomente in den Tragarm eingeleitet, welche die Strukturelemente stark beanspruchen. Daher ist ein kleiner Gelenkmittelpunktradius anzustreben. Da drei Ausbrüche der Säule zur Aufnahme

der Gelenke und somit Reduzierung des Gelenkmittelpunktradius eine starke Verringerung der Steifigkeit zur Folge hätten, müssen die plattformseitigen Gelenke der Aktoren auf einem Radius angeordnet sein, welcher größer als der Tragarmradius ist. Dies ergibt die oben genannten Nachteile.

Die Kosten der Aktoren sind durch die Integration aller Elemente in ein bewegliches System höher als bei einem konventionellen Spindel-Mutter-Antrieb.

Die Aktoren sind einseitig fliegend gelagert, was Nachteile bei der Steifigkeit gegenüber einer zweiseitig gelagerten Spindel mit verfahrender Mutter hat.

Eine vergleichbare Bearbeitungsmaschine ist aus der DE 298 03 274 U1 bekannt, bei dem die drei in 120°-Winkeln angeordneten Aktoren jeweils ein starres, stangenförmiges Übertragungselement aufweisen, dessen dem Gestell zugewandtes Ende gelenkig mit einem Antrieb verbunden ist, wodurch dieses Ende des Übertragungselementes entlang einer Verstellachse relativ zum Gestell verstehbar ist. In Bezug auf die Kinematik ergeben sich dabei die gleichen Eigenschaften, wie sie zuvor in Bezug auf die US 4,732,525 A beschrieben worden sind.

Weiterhin ist aus der EP 0 916 446 A1 eine Bearbeitungsmaschine zur dreiaxigen Bearbeitung von Werkstücken bekannt, bei dem ein Werkzeugträger an einem Schlitten befestigt ist, der mittels zweier Verbindungsstangen mit zwei linear verfahrbaren Antrieben verbunden ist. Die linearen Antriebe verlaufen in einer Ebene, so daß der Werkzeugschlitten innerhalb eines vorgegebenen Arbeitsbereiches parallel zu der von den beiden linearen Antrieben angespannten Ebene verfahrbar ist.

Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine Bearbeitungsmaschine anzugeben, die die oben genannten Nachteile vermeidet.

Das zuvor aufgezeigte technische Problem ist bei einer Bearbeitungsmaschine mit den Merkmalen des Kennzeichnungszeichens 1 dadurch gelöst, daß der erste Aktor den Tragarm gegenüber dem Gestell linear verstellt, daß der Tragarm um ein erstes Drehgelenk verschwenkbar mit dem ersten Aktor verbunden ist, wobei die Drehachse des ersten Drehgelenkes parallel zur linearen Verstellrichtung des ersten Aktors ausgerichtet ist, daß der relative Abstand des Endeffektors zum ersten Aktor veränderbar ist, daß die zweiten Aktoren die Schwenkposition des Tragarms und den relativen Abstand des Endeffektors zum ersten Aktor einstellen und daß der Endeffektor um ein parallel zur Drehachse des ersten Drehgelenkes ausgerichtetes Drehgelenk verschwenkbar am Tragarm befestigt ist (vgl. Fig. 1).

Der Tragarm ist daher zum Sperren der drei Freiheitsgrade nicht kardanisch raumfest angebracht und wird nicht nur passiv bewegt, sondern der Aufhängepunkt des Tragarmes wird mittels des ersten Aktors aktiv bewegt. Durch diese lineare Bewegung des Aufhängepunktes entsteht in einer Raumrichtung eine kartesische Achse (Y-Richtung), die den Endeffektor in dieser Raumrichtung nicht vororientiert. Es ist daher nur ein Drehgelenk als Orientierungsmodul für den Endeffektor zum Ausgleich der positionsabhängigen Vororientierung des Tragarms erforderlich. Dadurch wird die Anzahl der Freiheitsgrade reduziert, wodurch einerseits die Stabilität und andererseits aufgrund der Vereinfachung der Steueralgorithmien die Steuerung der Bearbeitungsmaschine verbessert werden.

Weiterhin hat der Tragarm zum ersten Aktor einen translatorischen und einen translatorischen Freiheitsgrad längs der Achse des Tragarmes. Durch diese zwei Freiheitsgrade ist das dem Endeffektor zugewandte Ende des Tragarms bei feststehendem ersten Aktor in der xz-Ebene senkrecht zu der durch die lineare Bewegung des ersten Aktors vorgegebenen Y-Richtung beweglich. In dieser Bewegungsebene

wird die Positionierung des dem Endeffektor zugewandten Endes des Tragarms durch zwei zweite Aktoren vollzogen, die einerseits kardanisch am Gestell gelagert und andererseits am anderen Ende kardanisch am Tragarm gelagert sind. Die Positionierung des Endeffektors, der bspw. als Hauptspindel mit Werkzeug, jedoch allgemein als ein beliebiges Werkzeug oder auch als Werkstückhaltung ausgebildet sein kann, erfolgt also durch die Einwirkung der zweiten Aktoren und der linearen Position des ersten Aktors. Entsprechend der parallelen Kinematik müssen auch bei einer reinen Bewegung des Endeffektors in Y-Richtung alle Antriebe definiert verfahren werden.

In bevorzugter Weise ist der erste Aktor als auf Linearführungen verschiebbarer Schlitten ausgebildet, an dem das erste Drehgelenk befestigt ist. Somit kann ein konventionelles System mit bspw. beidseitig gelagerter Gewindespindel verwendet werden, wodurch die Steifheit der gesamten Bearbeitungsmaschine erhöht wird.

Weiter bevorzugt weisen die zweiten Aktoren einen variabel einstellbaren Abstand zwischen den kardanischen Gelenken auf und sind insbesondere als in ihrer Länge mit Hilfe des Antriebes einstellbare Teleskopstangen ausgebildet. Dagegen ist es ebenso möglich, die zweiten Aktoren so auszubilden, daß ein fester Abstand zwischen den beiden kardanischen Gelenken jedes Aktors vorgegeben ist. Die zweiten Aktoren weisen dann linear entlang des Gestells verstellbare Schlitten auf, die mit Verbindungsstangen vorgegebener Länge mit dem dem Endeffektor zugewandten Ende des Tragarms verbunden sind (vgl. Fig. 9, Anspruch 7). Somit können die aus dem Stand der Technik bekannten Ausgestaltungen der Aktoren verwendet werden, wobei in vorteilhafter Weise nur zwei dieser Aktoren bei der vorliegenden Bearbeitungsmaschine eingesetzt werden müssen.

In weiter bevorzugter Weise weist der Tragarm einen Balken oder eine im wesentlichen zylindrische Stange und eine Halterung auf, wobei die Halterung mit dem ersten Drehgelenk verbunden ist und den Balken quer zur Achse verschiebbar trägt. Somit kann in einfacher Weise der rotatorische Freiheitsgrad einerseits und der translatorische Freiheitsgrad andererseits verwirklicht werden.

In weiter bevorzugter Weise ist gemäß Fig. 7 bzw. Anspruch 15 ein zweiter Tragarm vorgesehen, der relativ gegenüber dem Gestell bewegbar angeordnet ist, der um ein parallel zur Drehachse des ersten Drehgelenks ausgerichtetes drittes Drehgelenk verschwenkbar mit dem ersten Aktor verbunden ist und der um ein parallel zur Drehachse des ersten Drehgelenks ausgerichtetes viertes Drehgelenk mit dem ersten Tragarm verbunden ist. Somit ist der zweite Tragarm in gleicher Weise wie der erste Tragarm ausgebildet und dient zunächst zur Verbesserung der Stabilität der Bearbeitungsmaschine. Denn das Ende des ersten Tragarms, das den Endeffektor trägt, wird durch den zweiten Tragarm zusätzlich stabilisiert.

Darüber hinaus ist es somit gemäß Fig. 7 bzw. Anspruch 16 möglich, daß die Tragarme außerhalb der zweiten Aktoren angeordnet sind. Somit können der Antriebsraum und der Arbeitsraum in effektiver Weise durch eine weiter unten beschriebene Abdeckung voneinander getrennt werden.

Neben der bisher dargestellten Ausgestaltung des Tragarms kann dieser in weiter bevorzugter Weise auch als Gelenkschwinge ausgebildet sein, wodurch in vorteilhafter Weise vermieden wird, daß sich der Tragarm bis in den Bereich oberhalb des ersten Aktors während seiner Bewegung erstreckt. Dadurch wird ein kompakterer Aufbau der Bearbeitungsmaschine erreicht (vgl. Fig. 8, Anspruch 11).

Da der Tragarm nicht kardanisch aufgehängt ist, ist nach Anspruch 12 ein Drehgeber zur Messung der Orientierung des Tragarms in einfacher Weise im ersten Drehgelenk in-

tegrierbar. Die Bestimmung des Drehwinkels ist somit einfacher und zuverlässiger möglich, wodurch auch die Ansteuerung der Bearbeitungsmaschine verbessert wird.

Da nur noch zwei Aktoren am dem dem Endeffektor zugewandten Ende des Tragarms angreifen, können die Aktoren an Angriffspunkten am Tragarm angreifen, die nahezu im Bereich der Achse des Tragarms liegen (vgl. Fig. 1, 4, 8, 9, Anspruch 13).

Dazu sind in bevorzugter Weise im Bereich der Angriffspunkte der zweiten Aktoren Ausnehmungen im Tragarm vorgesehen, zwischen denen ein ausreichend stabiler Steg bzw. eine Zwischenwand ausgebildet ist. In vorteilhafter Weise wird dadurch die Biegebelastung des Tragarms durch die hohen Antriebskräfte der zweiten Aktoren reduziert.

Da sich der Tragarm nur um eine Achse dreht, ist in vorteilhafter Weise eine Trennung des Arbeitsraumes vom Antriebsraum einfacher möglich, als es bisher im Stand der Technik der Fall gewesen ist. Dazu ist in bevorzugter Weise mindestens ein Rahmen vorgesehen, der das dem Endeffektor zugewandte Ende des Tragarms parallel zur linearen Verstellrichtung des ersten Aktors führt (vgl. Fig. 4 bis 6, Anspruch 17).

In bevorzugter Weise sind zu beiden Seiten der zweiten Aktoren nach außen hin derartige Rahmen vorgesehen. Weiterhin weist der Rahmen eine verstellbare Abdeckung auf, die als Rollade, als Rollo oder teleskopartig ausgebildet sein kann. Dabei erstreckt sich die Abdeckung in bevorzugter Weise im wesentlichen über die gesamte Arbeitsraumbreite in Richtung der linearen Verstellrichtung des ersten Aktors. Somit kann von zwei Seiten, die im wesentlichen parallel zur linearen Verstellrichtung des ersten Aktors ausgerichtet sind, der Arbeitsraum vom Antriebsraum getrennt werden. Es wird also vermieden, daß jeder Aktor für sich mit einer Abdeckung versehen werden muß, um diese vor Spanflug und Kühlschmiermitteln zu schützen.

Weiter bevorzugt ist, daß mindestens eine verschiebbare Abdeckung zwischen den im Bereich des Endeffektors angeordneten, parallel zur linearen Verstellrichtung des ersten Aktors verlaufenden Kanten der Rahmen angeordnet ist (vgl. Fig. 5, Anspruch 19). Die mindestens eine Abdeckung wird von dem dem Endeffektor zugewandten Ende des Tragarms betätigt. Vorzugsweise ist in der linearen Verstellrichtung zu beiden Seiten des dem Endeffektor zugewandten Endes des Tragarms eine verstellbare Abdeckung vorgesehen. Dadurch wird neben einer seitlichen Abschirmung auch eine Abschirmung des Antriebsraumes von der Seite des Endeffektors her gewährleistet.

In bevorzugter Weise ist das Gestell raumfest angeordnet, so daß zwischen dem Gestell und einem zu bearbeitenden Werkstück eine feste Raumbeziehung besteht. Dagegen kann das Gestell auch auf einem Drehtisch angeordnet sein, um eine Drehung um die z-Achse, also um eine fünfte Achse zu ermöglichen.

Für die fünfte Achse, also die Drehung um die z-Achse kann das Orientierungsmodul zur Einstellung der relativen Position des Endeffektors in Bezug auf den Tragarm mit zwei rotatorischen Freiheitsgraden ausgeführt sein, wozu ein fünftes Drehgelenk verschwenkbar am Tragarm befestigt ist. Die Drehachse des fünften Drehgelenkes ist dabei nicht parallel zur Drehachse des ersten Drehgelenkes ausgerichtet. In bevorzugter Weise verläuft die Drehachse des fünften Drehgelenkes parallel zur Längsachse des Tragarms. Dadurch wird die Funktionalität der Bearbeitungsmaschine weiter verbessert.

Die Erfindung wird im folgenden Anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert, wozu auf die Zeichnung Bezug genommen wird. In der Zeichnung zeigen:

Fig. 1 ein erstes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Bearbeitungsmaschine in einer Seitenansicht in Y-Richtung,

Fig. 2 eine Teilansicht der in **Fig. 1** dargestellten Bearbeitungsmaschine im Querschnitt entlang der Linie II-II in **Fig. 1**,

Fig. 3 die in **Fig. 1** dargestellte Bearbeitungsmaschine in einer Seitenansicht in x-Richtung,

Fig. 4 ein zweites Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Bearbeitungsmaschine in einer Seitenansicht in Y-Richtung,

Fig. 5 eine Teilansicht der in **Fig. 4** dargestellten Bearbeitungsmaschine im Querschnitt entlang der Linie V-V in **Fig. 4**,

Fig. 6 die in **Fig. 4** dargestellte Bearbeitungsmaschine in einer Seitenansicht in X-Richtung,

Fig. 7 ein drittes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Bearbeitungsmaschine in einer Seitenansicht in Y-Richtung,

Fig. 8 ein viertes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Bearbeitungsmaschine in einer Seitenansicht in Y-Richtung und

Fig. 9 ein fünftes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Bearbeitungsmaschine in einer Seitenansicht in Y-Richtung.

In den **Fig. 1** bis **3** ist ein erstes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Bearbeitungsmaschine zum mehrachsigen Bearbeiten eines Werkstückes **2** dargestellt. Die Bearbeitungsmaschine weist ein Gestell **4** auf, an dem ein Tragarm **6** relativ zum Gestell **4** bewegbar angeordnet ist. An dem in den **Fig. 1** und **3** unten dargestellten Ende des Tragarms **6** ist ein Endeffektor **8** befestigt, der vorliegend bspw. als Hauptspindel mit Werkzeug ausgebildet ist. Selbstverständlich kann der Endeffektor **8** in jeglicher Form als Werkzeug aber auch ein Werkstück tragend ausgebildet sein.

Die dargestellte Bearbeitungsmaschine weist einen ersten Aktor **10** und zwei zweite Aktoren **12** und **14** zum Antreiben des Tragarms **6** relativ zum Gestell **4** auf. Jeder der Aktoren **10**, **12** und **14** weist eine zugeordneten Antrieb **10a**, **12a** und **14a** auf, der jeweils vom Gestell **4** getragen wird.

Der erste Aktor **10** verstellt den Tragarm **6** linear gegenüber dem Gestell **4**. Dazu weist der erste Aktor **10** einen auf Linearführungen **24** verschiebbaren Schlitten **26** auf. Der Tragarm **6** ist mit dem ersten Aktor **10** über ein erstes Drehgelenk **28** verbunden, wobei die Drehachse des ersten Drehgelenkes **28** parallel zur linearen Verstellrichtung des ersten Aktors **10** ausgerichtet ist. Weiterhin ist der Tragarm **6** derart ausgebildet, daß der relative Abstand des Endeffektors **8** zu dem Schlitten **26** veränderbar ist. Dazu weist der in den **Fig. 1** bis **3** dargestellte Tragarm einen Balken **30** und eine Halterung **32** auf, wobei die Halterung **32** mit dem ersten Drehgelenk **28** verbunden ist und den Balken **30** quer zur Drehachse des ersten Drehgelenkes **28** verschiebbar trägt. Das erste Drehgelenk **28** wiederum ist mit dem Schlitten **26** des ersten Aktors **10** verbunden. Die Halterung **32** ist als Hohlprofil ausgebildet und umgreift den Balken **30** zur Führung derselben.

Die zweiten Aktoren **12** und **14** sind jeweils am oberen Ende mit einem kardanischen Gelenk **16** bzw. **18** am Gestell **4** befestigt. Am unteren Ende sind die zweiten Aktoren **12** und **14** mit einem kardanischen Gelenk **20** bzw. **22** mit dem unteren Ende des Tragarms **6**, das den Endeffektor **8** trägt, befestigt.

Die zweiten Aktoren **12** und **14** dienen dazu, die Schwenkposition des Tragarms **6** um die Drehachse der ersten Drehgelenkes **28** und den relativen Abstand des Endeffektors **8** zum ersten Aktor **10** einzustellen. Das bedeutet, daß bei einer vorgegebenen Position des Schlittens **26** in der

linearen Verstellrichtung (Y-Richtung) die Betätigung eines oder beider zweiten Aktoren **12** und **14** zu einer Bewegung des Endeffektors in der Ebene senkrecht zur Y-Richtung, also in der xz-Ebene bewirkt. Zur Verdeutlichung ist in den **Fig. 1** und **3** jeweils ein entsprechendes Koordinatensystem dargestellt.

Weiterhin ist der Endeffektor **8** mit Hilfe eines zweiten einen Drehantrieb aufweisenden Drehgelenkes **34** am unteren Ende des Tragarms **6** befestigt. Die Drehachse des zweiten Drehgelenkes **34** ist parallel zur Drehachse des ersten Drehgelenkes **28** ausgerichtet, so daß durch eine Drehung des Endeffektors **8** mittels des zweiten Drehgelenkes **34** die durch die Drehung des Tragarms **6** um das erste Drehgelenk **28** hervorgerufene Vororientierung des Endeffektors **8** aufgehoben werden kann. Der Vorteil bei diesem Aufbau besteht darin, daß der Endeffektor **8** nur einen rotatorischen Freiheitsgrad durch das zweite Drehgelenk **34** benötigt, um die Vororientierung durch den Tragarm aufzuheben.

Wie in den **Fig. 1** und **3** dargestellt ist, weisen die zweiten Aktoren **12** und **14** einen variabel einstellbaren Abstand zwischen den kardanischen Gelenken **16** und **20** bzw. **18** und **22** auf. Dazu sind in ihrer Länge mit Hilfe des Antriebes **12a** bzw. **14a** einstellbare Teleskopstangen **12b** bzw. **14b** vorgesehen.

Wie die **Fig. 1** und **3** zeigen, sind im Bereich der Angriffspunkte der zweiten Aktoren **12** und **14**, also im Bereich der Befestigungspunkte der kardanischen Gelenke **20** und **22** Ausnehmungen **36** und **38** im Tragarm **6** ausgebildet. Da nur zwei zweite Aktoren **12** und **14** am unteren Ende des Tragarms **6** angreifen, können die Ausnehmungen **36** und **38** ausgebildet werden, ohne daß die Stabilität des Tragarms **6** beeinträchtigt wird. Denn zwischen den beiden Ausnehmungen **36** und **38** ist ein Steg **40** ausgebildet, der in Form einer Trennwand die Ausnehmungen **36** und **38** voneinander trennt. Daher kann unter Beibehaltung einer ausreichenden Stabilität des Tragarms **6** gewährleistet werden, daß die Angriffspunkte der zweiten Aktoren **12** und **14** mit geringem Abstand zur Achse des Tragarms **6** angeordnet sind.

Der in **Fig. 2** dargestellte Querschnitt entlang der Linie II-II in **Fig. 1** zeigt im Detail die Ausgestaltung des ersten Drehgelenkes **28**, das die Halterung **32** drehbar mit dem Schlitten **26** verbindet. Die Stange **30** des Tragarms **6** wird von der Halterung **32** umschlossen und sie ist linear verschiebbar. Dazu sind Wälzführungen **42** als Linearführungen zwischen der Stange **30** und der Halterung **32** vorgesehen.

Die **Fig. 4** bis **6** zeigen ein zweites Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Bearbeitungsmaschine, wobei gleiche Bezugszeichen gleiche Elemente bezeichnen, wie sie in Bezug auf das erste Ausführungsbeispiel anhand der **Fig. 1** bis **3** beschrieben worden sind.

Das zweite Ausführungsbeispiel weist zusätzlich zum ersten Ausführungsbeispiel einen Rahmen **44**, **46** auf. Der Rahmen **44**, **46** ist mittels Drehgelenken **48** und **50** mit den teleskopförmig ausgebildeten Abdeckungen **52** bzw. **54** verbunden. Das untere Ende des Tragarms **6** ist mittels Führungen **45** und **47** mit dem Rahmen **44**, **46** verbunden, wobei die Führungen parallel zur Y-Richtung, also der linearen Verstellrichtung des ersten Aktors **10**, verlaufen. Wie **Fig. 4** zeigt, ist auf den Außenseiten der beiden zweiten Aktoren **12** und **14** der Rahmen **44**, **46** angeordnet, so daß er mit den zugeordneten Abdeckungen **52** und **54** den Antriebsraum **56** vom Arbeitsraum **58**, in dem das Werkstück **2** sowie der Endeffektor **8** angeordnet sind, abschirmt. Dieses ist deutlich in **Fig. 6** zu erkennen.

In **Fig. 5** ist neben der Anordnung des Rahmen **44**, **46** sowie der Abdeckungen **52** und **54** ein weiteres Element des zweiten Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen

Bearbeitungsmaschine zu erkennen. Zwischen den im Bereich des unteren Endes angeordneten, parallel zur Y-Richtung verlaufenden Kanten des Rahmens 44, 46 sind zwei verschiebbare Abdeckungen 60 und 62, insbesondere innerhalb des Rahmens 44, 46 verfahrbare Rollos, angeordnet, die den Antriebsraum 56 von unten her abschirmen. Dazu werden die Abdeckungen 60 und 62 von dem unteren Ende des Tragarms 6 betätigt, so daß die zu beiden Seiten des unteren Endes des Tragarms 6 angeordneten Abdeckungen 60 und 62 jeweils den nicht vom Endeffektor 8 bzw. dem unteren Ende des Tragarms 6 eingenommenen Raum abdecken. Dabei sind die Abdeckungen 60 und 62 als Rollade oder als Rollo ausgebildet.

Fig. 7 zeigt ein drittes Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung. Bei dem gleiche Bezugszeichen gleiche Elemente wie bei dem zuvor beschriebenen Ausführungsbeispielen bezeichnen. Bei diesem dritten Ausführungsbeispiel befinden sich die Kardangelenke der zweiten Aktoren 12, 14 ebenfalls an dem ortsfesten Gestell 4. Lediglich der Schlitten 10 wurde zweigeteilt und nach außen verlegt. Hierdurch kann der Tragarm 6 mit dem zusätzlichen Tragarm 64, welcher gelenkig an dem Endeffektor gelagert ist, ebenfalls die Funktion einer Abdeckung übernehmen. Das dritte Ausführungsbeispiel unterscheidet sich von dem vorangegangenen diskutierten Ausführungsbeispielen dadurch, daß die Halterung des ersten Aktors 10 als linearer Führungsschlitten 68 ausgebildet ist, der mit dem ersten Drehgelenk 28 verbunden ist und der entlang der Stange 30 verschiebbar ausgebildet ist. Dazu weist die Stange 30 eine Führungsschiene 70 auf, die mit dem Führungsschlitten 68 in Eingriff steht.

Weiterhin weist das dritte Ausführungsbeispiel einen zweiten Tragarm 64 auf, der relativ gegenüber dem Gestell 4 bewegbar angeordnet ist. Dazu ist der zweite Tragarm 64 um ein parallel zur Drehachse des ersten Drehgelenks 28 ausgerichtetes drittes Drehgelenk 66 verschwenkbar mit dem ersten Aktor 10 verbunden. Weiterhin ist ein parallel zur Drehachse des ersten Drehgelenks 28 ausgerichtetes viertes Drehgelenk 72 vorgesehen, mit dem der zweite Tragarm 64 mit dem ersten Tragarm 6 verbunden ist. Auch der zweite Tragarm 64 weist eine Anordnung mit einem Führungsschlitten 74 und einer Führungsschiene 76 auf, die in gleicher Weise zusammenwirken, wie es am Beispiel des ersten Tragarms 6 dargestellt worden ist.

Wie Fig. 7 zeigt, sind die Tragarme 6 und 64 außerhalb der zweiten Aktoren 12 und 14 angeordnet. Dadurch kann in einfacher Weise der Antriebsraum 56 vom Arbeitsraum 58 getrennt werden, so daß sich eine Abdeckung mittels Rahmen 44 und 46 sowie Abdeckungen 52 und 54 erübrigt.

Fig. 8 zeigt ein viertes Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung, wobei gleiche Bezugszeichen gleiche Elemente wie bei den zuvor dargestellten Ausführungsbeispielen bezeichnen.

Im Vergleich zum ersten Ausführungsbeispiel, das in den Fig. 1 bis 3 dargestellt ist, ist beim vierten Ausführungsbeispiel der Tragarm 6 als Gelenkschwinge 78 ausgebildet. Dadurch wird verhindert, daß oberhalb des ersten Aktors 10 Raum für die Aufnahme der durch eine Halterung hindurchgeschobenen Stange 30 benötigt wird, wie es beim ersten Ausführungsbeispiel der Fall ist.

Fig. 9 zeigt schließlich ein fünftes Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung, wobei gleiche Bezugszeichen gleiche Elemente wie bei den zuvor diskutierten Ausführungsbeispielen bezeichnen.

Beim fünften Ausführungsbeispiel weisen die zweiten Aktoren 12 und 14 einen festen Abstand zwischen den kardanischen Gelenken 16 und 20 bzw. 18 und 22 auf. Die gestellseitigen Enden der Verbindungsstangen 88 und 90 sind entlang des Gestells 4 mit Hilfe von linear angetriebenen

Schlitten 84 und 86 als Teil der Aktoren 12 und 14 verschiebbar ausgeführt. Im Vergleich zu den vorangegangenen Ausführungsbeispielen wird das Gestell 4 um nach unten gerichtete Seitenwände 80 und 82 erweitert. Die Schlitten 84 und 86 befinden sich in Eingriff mit den Führungen 85 und 87. Verbindungsstangen 88 und 90 sind mit den Schlitten 84 und 86 über die kardanischen Gelenke 16 und 18 sowie mit dem unteren Ende des Tragarms 6 über die kardanischen Gelenke 18 und 20 verbunden. Durch ein gezieltes Verfahren der Schlitten 84 und 86 entlang der Seitenwände 80 und 82 kann der Endeffektor 8 in der xz-Ebene bewegt werden.

Neben dem einfachen Aufbau der zweiten Aktoren weist diese Ausführung Vorteile hinsichtlich einer einfachen Trennung des Arbeitsraumes (58) von dem Antriebsraum (56) durch die Abdeckungen 91 und 92 auf. Hierbei können die Abdeckungen längenunveränderlich ausgeführt werden.

Bei den zuvor dargestellten Ausführungsbeispielen ist das Gestell 4 raumfest angeordnet. Bei einer nicht in der Zeichnung dargestellten Ausführungsform ist das Gestell 4 auf einem Drehtisch angeordnet, um eine Drehung um die z-Achse herum zu ermöglichen, wodurch ein zusätzlicher Freiheitsgrad für die Bearbeitungsmaschine definiert wird.

Eine Drehung um die Z-Achse kann auch bei einem raumfesten Gestell 4 verwirklicht werden, indem ein nicht parallel zur Drehachse des ersten Drehgelenks 28 ausgerichtetes fünftes Drehgelenk vorgesehen ist, über das der Endeffektor 8 am Tragarm 6 befestigt ist. Dabei ist bevorzugt, daß die Drehachse des fünften Drehgelenkes parallel zur Längsachse des Tragarmes ausgerichtet ist. Ansonsten ist es möglich, im Hinblick auf eine 5-Achsbearbeitung einen Drehtisch anzuordnen oder den Endeffektor 8 mit entsprechender Orientierungsmöglichkeit auszustatten.

Patentansprüche

1. Bearbeitungsmaschine zum mehrachsigen Bewegen eines Werkzeuges oder eines Werkstückes (2),

- mit einem Gestell (4),
- mit einem relativ gegenüber dem Gestell (4) bewegbar angeordneten Tragarm (6),
- mit einem Endeffektor (8), der an einem Ende des Tragarms (6) befestigt ist, und
- mit einem ersten Aktor (10) und zwei zweiten Aktoren (12, 14) zum Antreiben des Tragarms (6) relativ zum Gestell (4),
- wobei das Gestell (4) die Aktoren (10, 12, 14) und deren Antriebe (10a, 12a, 14a) trägt,
- wobei die zweiten Aktoren (12, 14) an einem Ende mit einem kardanischen Gelenk (16, 18) am Gestell (4) befestigt sind und am anderen Ende mit einem kardanischen Gelenk (20, 22) an dem dem Endeffektor (8) zugewandten Ende des Tragarms (6) befestigt sind,

dadurch gekennzeichnet,

- daß der erste Aktor (10) den Tragarm (6) gegenüber dem Gestell (4) linear verstellt,
- daß der Tragarm (6) um ein erstes Drehgelenk (28) verschwenkbar mit dem ersten Aktor (10) verbunden ist, wobei die Drehachse des ersten Drehgelenkes (28) parallel zur linearen Verstellrichtung des ersten Aktors (10) ausgerichtet ist,
- daß der relative Abstand des Endeffektors (8) zum ersten Aktor (10) veränderbar ist,
- daß die zweiten Aktoren (12, 14) die Schwenkposition des Tragarms (6) und den relativen Abstand des Endeffektors (8) zum ersten Aktor (10) einstellen und

- daß der Endeffektor (8) um ein parallel zur Drehachse des ersten Drehgelenks (28) ausgerichtetes zweites Drehgelenk (34) verschwenkbar am Tragarm (6) befestigt ist.
2. Bearbeitungsmaschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der erste Aktor (10) einen auf Linearführungen (24) verschiebbaren Schlitten (26) aufweist.
3. Bearbeitungsmaschine nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das erste Drehgelenk (28) mit dem Schlitten (26) verbunden ist.
4. Bearbeitungsmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die zweiten Aktoren (12, 14) einen variabel einstellbaren Abstand zwischen den kardanischen Gelenken (16, 20; 18, 22) aufweisen.
5. Bearbeitungsmaschine nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die zweiten Aktoren (12, 14) eine in ihrer Länge mit Hilfe des Antriebes (12a, 14a) einstellbare Teleskopstange (12b, 14b) aufweisen.
6. Bearbeitungsmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die zweiten Aktoren (12, 14) einen festen Abstand zwischen den kardanischen Gelenken (16, 20; 18, 22) aufweisen.
7. Bearbeitungsmaschine nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die zweiten Aktoren (12, 14) linear entlang des Gestells (4, 80, 82) verstellbare Schlitten (84, 86) aufweisen, die mit Verbindungsstangen (88, 90) mit dem dem Endeffektor (8) zugewandten Ende des Tragarms (6) verbunden sind.
8. Bearbeitungsmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Tragarm (6) einen Balken (30) und eine Halterung (32) aufweist, wobei die Halterung (32) mit dem ersten Drehgelenk (28) verbunden ist und den Balken (30) quer zur Drehachse des ersten Drehgelenks (28) verschiebbar trägt.
9. Bearbeitungsmaschine nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Halterung (32) als Hohlprofil ausgebildet ist und den Balken (30) zumindest teilweise umgreift.
10. Bearbeitungsmaschine nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Halterung als linearer Führungsschlitten (68) ausgebildet ist, der mit dem ersten Drehgelenk (28) verbunden ist und der entlang des Balkens (30) verschiebbar ausgebildet ist.
11. Bearbeitungsmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Tragarm (6) als Gelenkschwinge (78) ausgebildet ist.
12. Bearbeitungsmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß ein Drehgeber vorgesehen ist, der im ersten Drehgelenk (28) die Drehung zwischen dem Tragarm (6) und dem Gerüst (4) bestimmt.
13. Bearbeitungsmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß im Bereich der Angriffspunkte der zweiten Aktoren (12, 14) Ausnehmungen (36, 38) im Tragarm (6) ausgebildet sind.
14. Bearbeitungsmaschine nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Angriffspunkte der zweiten Aktoren (12, 14) mit geringem Abstand zur Achse des Tragarms (6) angeordnet sind.
15. Bearbeitungsmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß ein zweiter Tragarm (64) vorgesehen ist, der relativ gegenüber dem Gestell (4) bewegbar angeordnet ist, der um ein parallel zur Drehachse des ersten Drehgelenks (28) ausgerichtetes drittes Drehgelenk (66) verschwenkbar mit dem ersten Aktor (10) verbunden ist und der um ein parallel

- zur Drehachse des ersten Drehgelenks (28) ausgerichtetes viertes Drehgelenk (72) mit dem ersten Tragarm (6) verbunden ist.
16. Bearbeitungsmaschine nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Tragarme (6, 64) außerhalb der zweiten Aktoren (12, 14) angeordnet sind.
17. Bearbeitungsmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens ein Rahmen (44, 46) vorgesehen ist, daß der Rahmen (44, 46) das dem Endeffektor (8) zugewandte Ende des Tragarms (6) parallel zur linearen Verstellrichtung des ersten Aktors (10) führt, und daß der Rahmen (44, 46) eine verstellbare Abdeckung (52, 54) aufweist.
18. Bearbeitungsmaschine nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß zwei Rahmen (44, 46) vorgesehen sind, die auf den Außenseiten der beiden zweiten Aktoren (12, 14) angeordnet sind, und daß die in den Rahmen (44, 46) angeordneten Abdeckungen (52, 54) den Antriebsraum (56) abschirmen.
19. Bearbeitungsmaschine nach Anspruch 17 oder 18, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen den im Bereich des Endeffektors (8) angeordneten, parallel zur linearen Verstellrichtung des ersten Aktors (10) verlaufenden Kanten des Rahmens (44, 46) mindestens eine verschiebbare Abdeckung (60, 62) angeordnet ist.
20. Bearbeitungsmaschine nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, daß die mindestens eine Abdeckung (60, 62) von dem dem Endeffektor (8) zugewandten Ende des Tragarms (6) betätigt wird.
21. Bearbeitungsmaschine nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, daß in der linearen Verstellrichtung des ersten Aktors (10) zu beiden Seiten des dem Endeffektor (8) zugewandten Endes des Tragarms (6) eine verstellbare Abdeckung (60, 62) vorgesehen ist.
22. Bearbeitungsmaschine nach einem der Ansprüche 17 bis 21, dadurch gekennzeichnet, daß die Abdeckung (52, 54; 60, 62) als Rollade oder als Rollo ausgebildet ist.
23. Bearbeitungsmaschine nach einem der Ansprüche 17 bis 21, dadurch gekennzeichnet, daß die Abdeckung (52, 54; 60, 62) teleskopartig ausgebildet ist.
24. Bearbeitungsmaschine nach einem der Ansprüche 17 bis 23, dadurch gekennzeichnet, daß sich die Abdeckung (52, 54; 60, 62) im wesentlichen über die gesamte Arbeitsraumbreite in Richtung der linearen Verstellrichtung des ersten Aktors (10) erstreckt.
25. Bearbeitungsmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 24, dadurch gekennzeichnet, daß das Gestell (4) raumfest angeordnet ist.
26. Bearbeitungsmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 24, dadurch gekennzeichnet, daß das Gestell (4) auf einem Drehtisch angeordnet ist.
27. Bearbeitungsmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 25, dadurch gekennzeichnet, daß der Endeffektor (8) um ein nicht parallel zur Drehachse des ersten Drehgelenks (28) ausgerichtetes fünftes Drehgelenk verschwenkbar am Tragarm (6) befestigt ist.
28. Bearbeitungsmaschine nach Anspruch 27, dadurch gekennzeichnet, daß die Drehachse des fünften Drehgelenkes parallel zur Längsachse des Tragarms (6) ausgerichtet ist.

Hierzu 6 Seite(n) Zeichnungen

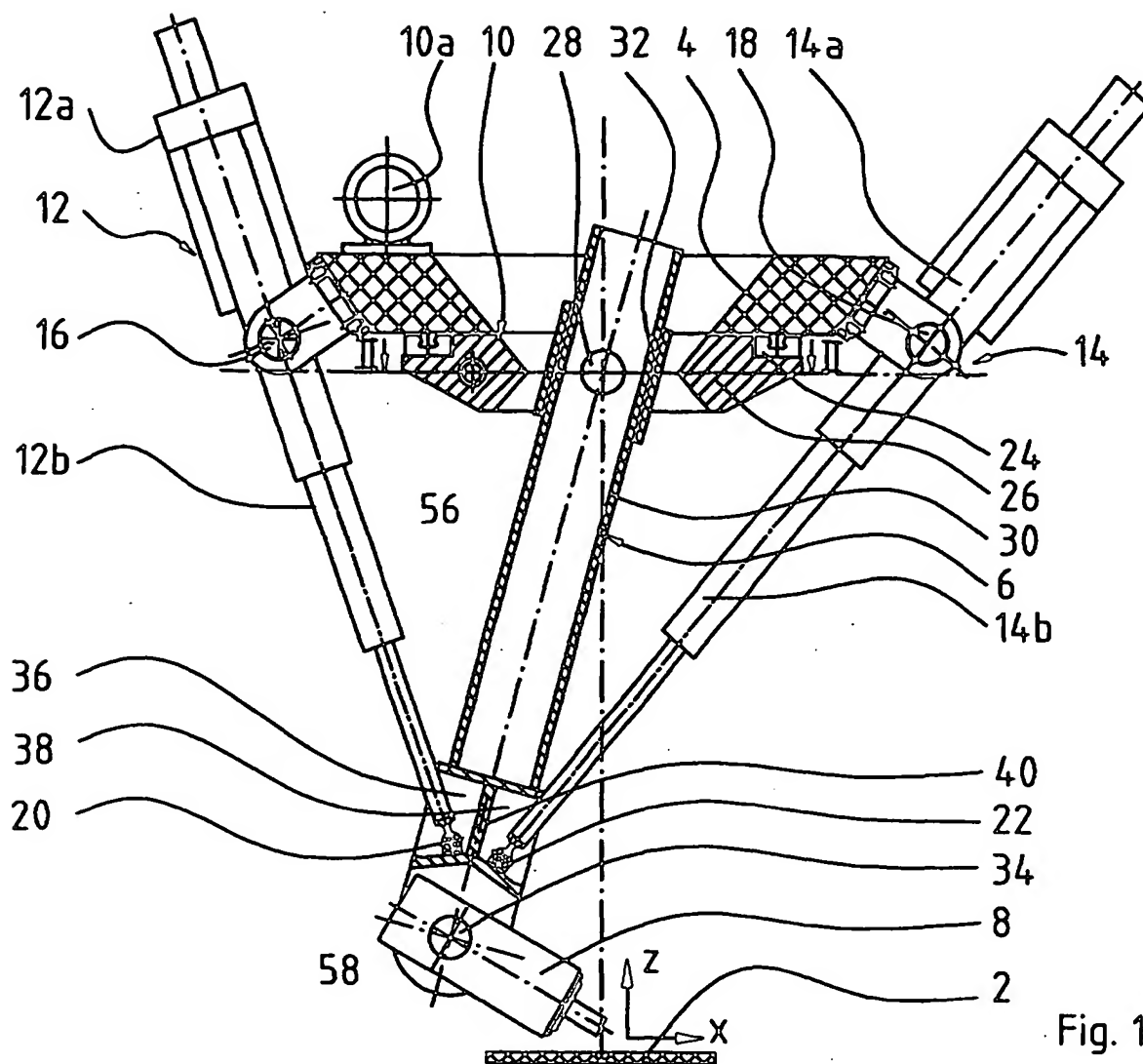


Fig. 1

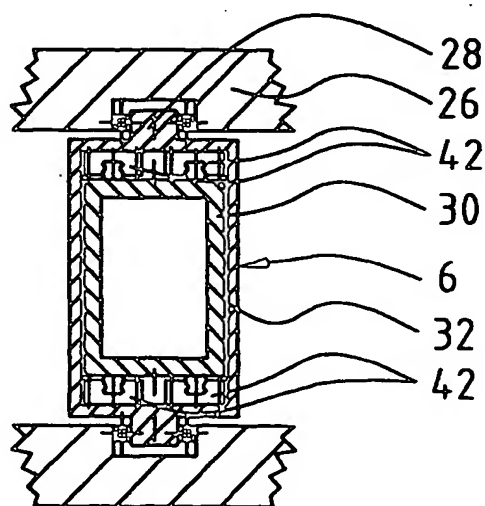


Fig. 2

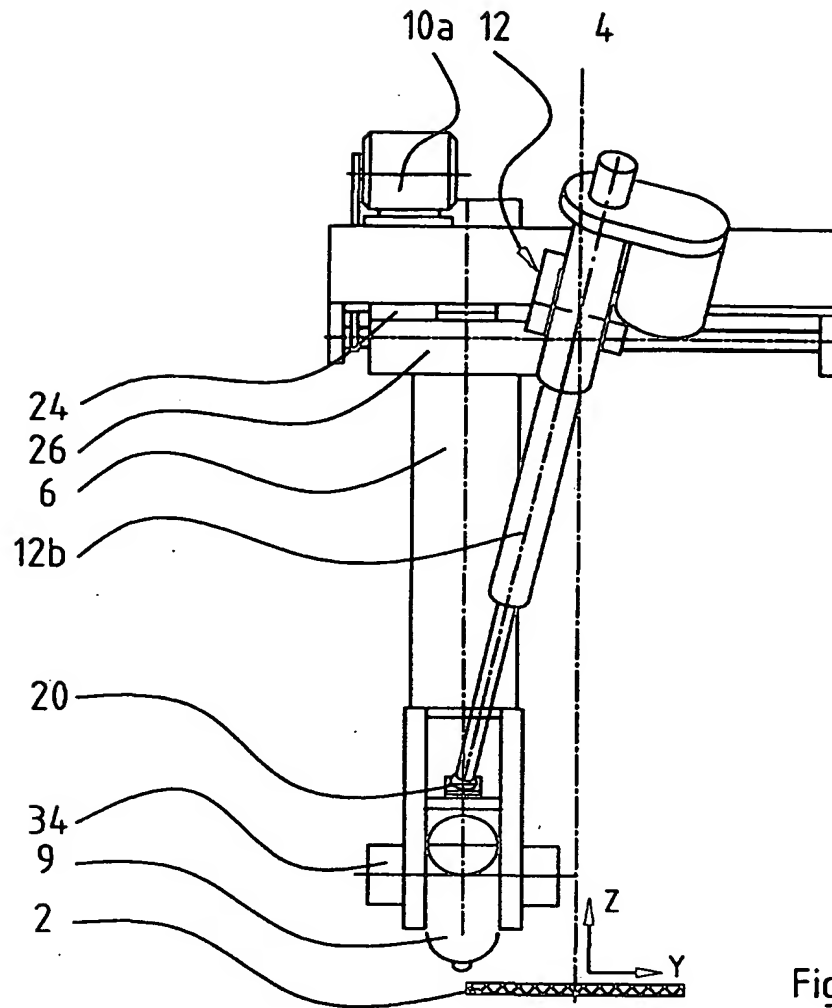


Fig. 3

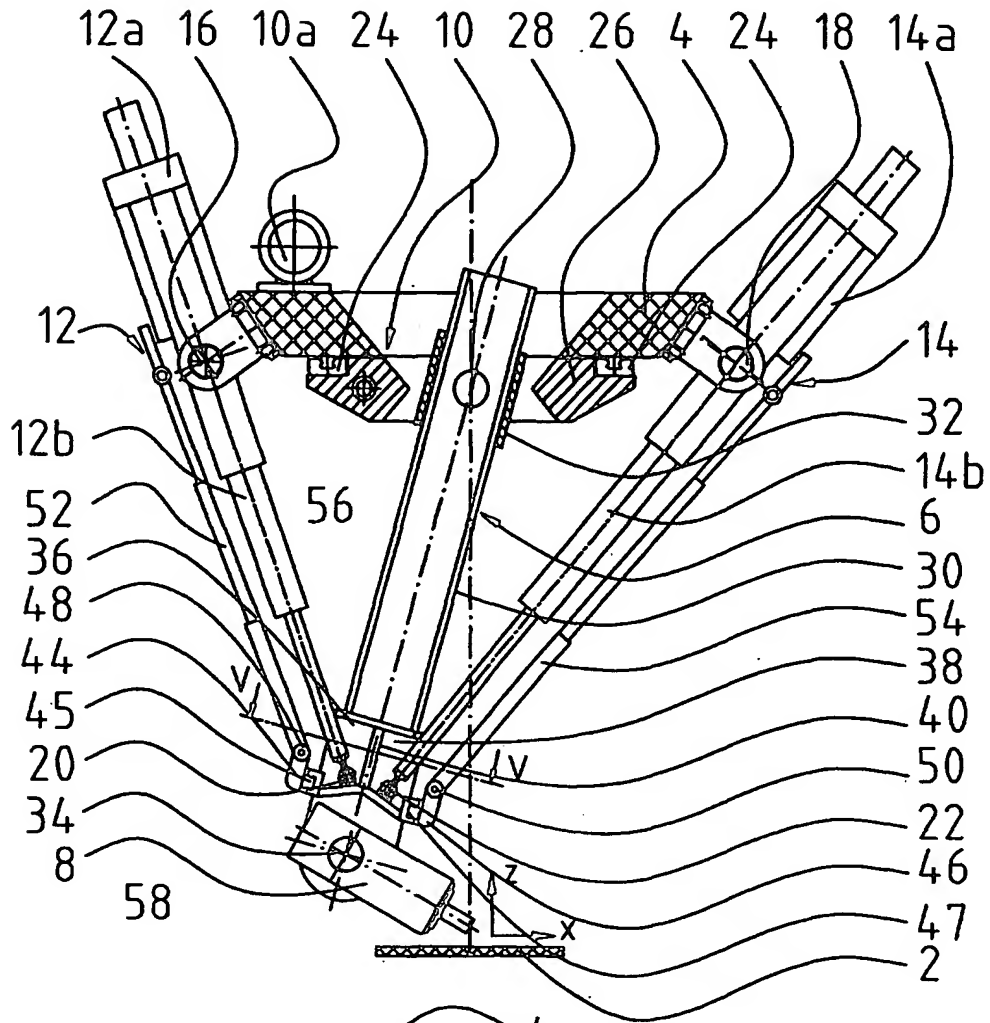


Fig. 4

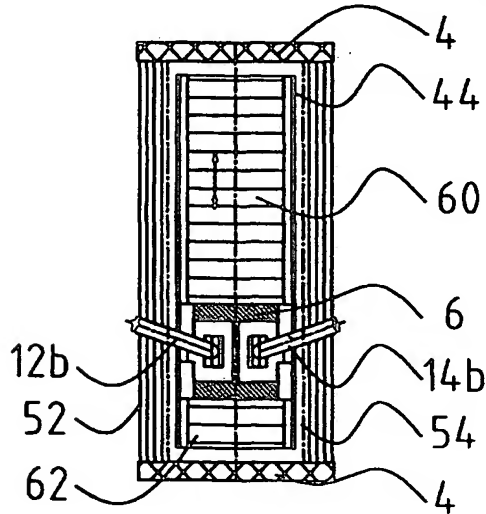


Fig. 5

